Aus der Universitäts-Zahnklinik zu Kiel
Direktor: Professor Dr. Hentze

Elektrische Ströme in der Mundhöhle
bei
Anwesenheit der verschiedenen Metalle

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Zahnmedizinischen Fakultät
der Christian-Albrecht-Universität zu Kiel

Vorgelegt von Zahnarzt Oskar Zimmermann aus Wilhelmshaven.

1931

Rektoratsjahr 1931/32

Referent: Professor Dr. Hentze

zum Druck genehmigt

Professor Dr. Rominger, Dekan

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153309_0263

Um uns das Weſen der Elektrolyſe zu veranſchaulichen müſſen wir wiſſen, daß die kleinſten Teile einer chemiſchen Verbindung Moleküle ſind, die aus Atomen aufgebaut ſind. In Säuren, Salzen und Baſen, die in wäſſeriger Löſung den elektriſchen Strom leiten und durch denſelben in ihre Beſtandteile zerlegt werden, ſind nicht alle Atome zu Molekülen gebunden. Eine beſtimmte Anzahl Atome in dieſen Löſungen iſt im Beſitze eines Quantums elektriſcher Energie, welche ſie zu freier Exiſtenz befähigt. Dieſe freien elektriſch geladenen Atome nennt man Ionen. Die poſitiv geladenen Ionen nennt man Kationen; die negativ geladenen Anionen. Den Vorgang der Spaltung der Elektrolyſe in Ionen bei der Auflöſung nennt man elektrolytiſche Diſſoziation oder Ioniſation.

Fließt nun ein galvaniſcher Strom durch einen Leiter der Elektrizität, ſo müſſen wir drei Größen unterſcheiden: 1. An den Enden der Leiter tritt ein Spannungsgefälle auf, das man in Volt mißt und das für die Bewegung der Elektrizität die Urſache iſt. 2. Beim Durchfließen der Elektrizität wird je nach den Dimenſionen des Leiters und ſeiner Zuſammenſetzung ein in Ohm zu meſſender Widerſtand entgegentreten. Und 3. die in Ampere zu meſſende Stromſtärke, deren Größe abhängig iſt vom Druck (Spannung) und dem Widerſtand des Leiters. Die Beziehungen dieſer drei Größen ſind durch das Ohmſche Geſetz beſtimmt.

Stromſtärke = Spannung, Widerſtand.

Wir unterſcheiden nun zwiſchen Leitern erſter und zweiter Ordnung. Zu den Leitern erſter Klaſſe gehören die Metalle bei denen die Stromarbeit, ſoweit ſie eine Umwandlung erfährt, in Wärme übergeht. In den Elektrolyten, den Leitern zweiter Klaſſe ſetzt ſich die Stromarbeit nur zum Teil in Wärme um, ein anderer bewirkt chemiſche Umwandlungen und kommt in Form von chemiſcher Energie zur Ruhe. Nur Salze, Säuren und Baſen ſind Elektrolyte; alle anderen Stoffe, die keine dieſer drei Gruppen angehören, ſind Nichtleiter.

Zu dieſen drei Gruppen gehört auch der Speichel, der je nach der CO_2 Spannung leicht ſauer oder leicht baſiſch ſein kann. Der Speichel iſt eine fadenziehende zähe Flüſſigkeit, deren Klebrigkeit von einer eiweißartigen Subſtanz, dem Muzin, herrührt. Außerdem enthält der Speichel außer kleinen Mengen von Eiweiß zwei Fermente, die Amylaſe und die Maltaſe, und anorganiſche Salze wie z. B. das Rodanſalz, Calciumbicarbonat und andere. Die Fermente machen den Speichel zum Verdauungsſaft.

Die Mundhöhlenflüſſigkeit wird abgeſondert von den Speicheldrüſen. Ihre ſekretoriſche Innervation erhalten ſie einerſeits vom ſympathiſchen Plexus caroticus, andererſeits vom cranial autonomen paraſympathiſchen Nervenſyſtem. Die Konſiſtenz des ſympathiſchen Speichels iſt auffallend zähe und wird nur ſpärlich ſezerniert. Dagegen zeigt der Chordaſpeichel eine dünnflüſſige Beſchaffenheit und wird reichlich ſezerniert. Der ſympathiſche Speichel iſt ärmer an organiſchen Beſtandteilen als der Chordaſpeichel.

Der Speichel iſt je nach der CO_2 Spannung leicht alkaliſch oder leicht ſauer, entfernt ſich aber nicht weſentlich von der neutralen Reaktion. Starr konnte zeigen, daß die Reaktion der Mundflüſſigkeit mit der CO_2 Spannung der Alveolarluft parallel geht. Die Bindung des CO_2 mit der Mundflüſſigkeit ſtellt einerſeits eine chemiſche Verbindung dar, während es ſich auf der anderen Seite um eine einfache phyſikaliſche Löſung handelt. Starr löſte experimentell die Frage, in wie weit Zuſammenhänge zwiſchen der wahren Azidität der Mundflüſſigkeit und der Kohlenſäureſpannung im Munde beſtehe. Es ergibt ſich hieraus die Tatſache, daß bei einer Steigerung der CO_2 Spannung von 0 auf 40 mm Hg je nach dem Individium eine Zunahme der Azidität um das Zehn- bis Fünfzehnfache bewirkt. Dieſe war ihrerſeits wieder abhängig von der Temperatur.

Daß bei Säure- oder Alkalizuſatz die Reaktion des Speichels ſich nur innerhalb gewiſſer Grenzen wenig verändert, liegt daran, daß der Speichel ein Pufferungsvermögen beſitzt. Die aktuelle Reaktion kann nach unſeren heutigen Anſchauungen nur durch Beſtimmung der Waſſerſtoffionenkonzentration feſtgeſtellt werden.

Die Beſtimmung der aktiven Reaktion des Speichels geſunder Menſchen kann man nach der kolometriſchen Methode von Michaelis ausführen. Dieſe beruht auf der bekannten

Wirkung der H und OH Ionen gewiſſe Farbſtoffe in dem Farbcharakter ſprunghaft zu ändern. Derartige Farbſtoffe ſind Lackmus, Phenolphtalein, Methylorange und viele andere. Stoffe, durch deren Farbveränderung die Beendigung einer Reaktion angezeigt wird, nennt man Indicatoren. Dieſelben ſind meiſt von ſchwach ſaurer Natur; die Farbveränderung beruht darauf, daß ſie in Salze übergehen, deren Anionen ſehr inſtabil ſind und faſt in iſomere Formen übergehen, die anders gefärbt ſind als die nicht ioniſierte freie Säure. Die Waſſerſtoffionenkonzentration wird in Ph Größen bezeichnet. Für den Neutralpunkt bei 25° hat man Ph=6,96. Je größer die Azidität, deſto kleiner wird die abſolute Größe von Ph und umgekehrt.

Wie groß die individuellen Unterſchiede der Aziditätsverhältniſſe der Mundhöhlenflüſſigkeit und ſomit Unterſchiede in der Zuſammenſetzung des Speichels bezüglich des Säurenbaſengleichgewichts ſind, geht daraus hervor, daß die Speichelwerte bei omm Hg, d. h. nach vollſtändiger Entgaſung faſt alle auf alkaliſchem Gebiete über dem Neutralpunkt liegen, daß aber nicht nur mit zunehmender CO_2 Spannung innerhalb der Mundhöhle die Waſſerſtoffionenkonzentration ſteigt, ſondern je nach dem Alter die Werte immer mehr nach der ſauren Seite ſich verſchieben. Und zwar reichen die Ph Werte ſelbſt bis zu einer CO_2 Spannung von 30 mm Hg im jugendlichen Alter noch bis zum Neutralpunkt, während bei ſpäteren Altersſtufen die Ph Werte ſelbſt den Neutralpunkt überſchreiten und weit ins ſaure Gebiet reichen. Das Pufferungsvermögen nimmt offenbar mit zunehmendem Alter ab und weiſt immer größere individuelle Schwankungen auf. Die H und OH Ionenkonzentration im Speichel hängt nicht ſo ſehr von der H Ionenkonzentration der eingeführten Nahrungsſtoffe ſowie von den Diſſotiationsprozeſſen in der Mundhöhle ab, als vielmehr und hauptſächlich von der Reizung und dem Tonus des paraſympathiſchen Nervenſyſtem. Im allgemeinen ſind jedoch ſaure Reaktionen als Abweichung von der Norm anzuſehen.

Es hat ſich gezeigt, daß der Parotis-Speichel in faſt allen Fällen ſaurer war als der Sublingualis-Speichel, alſo eine höhere H Ionenkonzentration hatte. Man konnte feſtſtellen, daß nicht nur der Parotis-Speichel gegenüber dem Sublingualis und gemiſchten Speichel den größeren Schwankungen unterlag, ſondern überhaupt die ſauerſten Werte ergab. Die Re-

aktion des Sublingualis-Speichel war gegenüber dem Parotis-Speichel in den meiſten Fällen alkaliſcher.

Eine bedeutende Rolle bei den Schwankungen iſt der Temperatur zuzuſchreiben, die in der Mundhöhle durch Ex- und Inſpiration dauernd geändert wird und bei Entnahme nie konſtant gehalten werden kann, ohne daß neue Fehlerquellen entſtehen. Bei zunehmender Temperatur verſchiebt ſich der Wert nach der alkaliſchen Seite.

Es treten alſo bei Anweſenheit von verſchiedenen Metallen, falls ſie in Berührung kommen, in der Mundhöhle Spannungsunterſchiede auf, die nach den von mir feſtgeſtellten Meſſungen ganz beträchtlich ſein können, ſo daß dadurch Geſchmacksſtörungen, Muskelkontraktionen oder ſonſtige Beſchwerden ſeitens des Patienten auftreten können. Da die Meſſungen im Munde verſchiedener Patienten aus praktiſchen Gründen nicht möglich war, ſo ließ ich mir ein Gefäß aus Jenaer Glas mit ſeitlichen Tuben herſtellen. Die von mir verwendeten Elektroden, und zwar 20kar. Gold, 14kar. Gold, Silber, 18kar. Goldlot, Silberlot, Randolf und Amalgam, hatten eine Oberfläche von 1 qcm. Für meine Verſuche benutzte ich einen ſchwach ſaueren Speichel, einen ſtark ſaueren und einen ſtark baſiſchen Speichel. Zum Vergleich verwendete ich ein neutrales milchſaueres Calcium, und zwar 5 gr auf einen halben Liter Aqua deſtilata. Den Speichel erhitzte ich mittels eines elektriſch geheizten Ofens auf Mundtemperatur, um die von mir feſtgeſtellten Spannungsmeſſungen möglichſt denen in der Mundhöhle vorherrſchenden Potentialen anzugleichen. Die Meſſungen führte ich mit einem Univerſalgalvanometer von Siemens und Halske aus, bei dem ein Zeigerausſchlag von 1° gleich einer Spannung von 0,0001 Volt war.

Da im Munde die Entfernungen der verſchiedenen Metalle nie konſtant ſind, ſo habe ich dieſes Moment bei meinen Meſſungen berückſichtigt, indem ich den Abſtand der Elektroden ebenfalls verändert habe, und zwar in Abſtänden von 3, 10 und 15 mm. Je größer der Abſtand der Elektroden voneinander iſt, deſto größer iſt der innere Widerſtand und die Spannung wird kleiner. Zur Stromſpannung muß ich noch bemerken, daß die Spannung für jede Löſung einen gewiſſen Wert überſchreiten muß, weil bei den elektrolytiſchen Prozeſſen Gegenſtröme, ſog. Polariſationsſtröme, entſtehen, die dem Arbeitsſtrom entgegenwirken und ſeine Wirkung völlig aufheben können, falls ſeine Spannung nicht ſtärker iſt. Ich

nahm aus dieſem Grunde ſtets zwei Ableſungen vor, und zwar den größten Ausſchlag und den Zeigerausſchlag nach einer ½ Minute. Der Unterſchied der beiden Ableſungen war in den meiſten Fällen ſehr beträchtlich.

Ich benutzte deshalb einen ſtark ſaueren und einen ſtark baſiſchen Speichel, um Höchſtwerte zu erhalten, die eintreten können, falls der Patient ſtark ſauere oder baſiſche Mittel zu ſich nimmt. Aus den von mir gemachten Spannungsmeſſungen kann man erkennen, daß die Spannungsverminderung zwiſchen ſtark ſauerem und ſtark baſiſchem gegenüber ſchwach ſauerem Speichel bei Edelmetallen unter ſich bis 70% und bei Anweſenheit von Edelmetallen und unechtem Metall oder nur unedlen Metallegierungen nur 30% betragen kann. Als Norm kann man die Spannungsmeſſungen bei ſchwach ſauerem Speichel anſehen, die noch etwas geringer ſein werden, ſobald man einen ſchwach baſiſchen Speichel nehmen wird.

Man muß nun bei den im Munde vorhandenen Metalllegierungen in bezug auf Spannungsmeſſungen drei Gruppen unterſcheiden, und zwar die Edelmetalle unter ſich, die Unedelmetallegierungen mit den Edelmetallen und die Unedelmetallegierungen für ſich. Dieſe Unterſchiede kann man deutlich aus der anliegenden Tabelle erkennen; denn bei den Edelmetallen haben wir eine Spannungsverminderung bei Veränderung der Entfernung von 3 auf 15 mm bis zu 90%, während bei den beiden anderen Gruppen die Spannungsverminderung zwiſchen 35% und 15% ſchwankt.

Daß natürlich ſchon ganz geringe Potentialdifferenzen Störungen für den Patienten und Schädigungen der im Munde vorhandenen Metalle hervorrufen können, beweiſen die in der Praxis vorkommenden Fälle. Häufig verſpüren die Patienten einen ſaueren Geſchmack im Munde, ſo, als wenn man mit der Zunge die Fahnen einer Taſchenbatterie berührt. Durch dieſe im Munde hervorgerufenen elektriſchen Ströme tritt dann Verfärbung der anweſenden Metalle ein. Wenden wir uns zunächſt dem wichtigſten Metalle, Gold und ſeinen Legierungen, zu. Bei dieſem wichtigen Metall, das am meiſten in der Kronen- und Brückentechnik verwandt wird, erkennt man häufig Verfärbungen, die auf elektrolytiſchem Wege entſtanden ſind. Tritt nun Verfärbung auf, ſo kann dies ein Zeichen dafür ſein, daß der Herſteller die Legierung unſorgfältig legiert hat, bekannt iſt, daß ſich Kupfer verhältnismäßig ſchwer im Golde auflöſt. Bei oberflächlichem Legieren werden ſog.

Kupfernester in der Legierung vorhanden sein. Zwischen diesen und der Goldlegierung entstehen bei Speichelzutritt galvanische Ströme, die Kupfer in Lösung gehen lassen. Dieses setzt sich auf der edleren Elektrode, also auf der Goldlegierung als dünner Überzug ab. Der im Munde stets vorhandene Schwefelwasserstoff verwandelt die dünne Kupferschicht in schwarzgefärbtes Schwefelkupfer. Zur Bildung eines galvanischen Elementes kann es kommen, wenn beim Kauakt in Gegenwart von Speichel verschiedene zusammengesetzte Goldlegierungen sich berühren, die Verfärbung des Goldes bedingen können. Man kann also erkennen, das Ströme von 0,0001 bis 0,013 Volt, die auftreten in Anwesenheit von 20kar. und 14kar. Gold, Schädigungen an den Metallen hervorrufen können. Daß natürlich Medikamente oder sauere Speisen, die in den Mund gelangen, den Verfärbungsprozeß beschleunigen, ist selbstverständlich. Die Spannungsverminderung beträgt bei Veränderung des Abstandes von 3 auf 15 mm im Durchschnitt 80%, so daß also bei noch größeren Abständen die Spannung gleich Null sein wird. Es ist deshalb von großer Wichtigkeit, daß man Goldlegierungen herstellt, die unveränderlich sind. Nur hochhaltige homogene Goldlegierungen halten allen Angriffen im Munde stand; sie werden weder durch schwach saueren Speichel noch durch 1% Milchsäure- oder Kochsalz- oder Sodalösung angegriffen. Selbst unter dem Mikroskop sind keine Veränderungen solcher Goldlegierungen zu bemerken. Die Frage, welchen Feingoldgehalt eine Goldlegierung haben muß, damit sie sich nicht im Munde verfärbt oder korrodiert, hat Geheimrat Tammann in Göttingen im Jahre 1921 beantwortet. Seine Untersuchungen binärer Gold-Kupfer und Gold-Silberlegierungen ergaben, daß sich deren chemische Eigenschaften mit der Zusammensetzung sprunghaft ändern und die Sprünge dort auftreten, wo die Anzahl der Atome Gold unter $^4/_8$ Mol und $^3/_8$ Mol der in der Legierung vorhandenen Gesamtatome sinkt.

Von Feingold-Gehalten zwischen $^4/_8$ Mol und $^3/_8$ Mol vermögen Mineralsäuren, aber auch einige organische Säuren, Silber und Kupfer aus den Mischkristallen herauszulösen, Schwefelalkalien in Schwefelkupfer und Schwefelsilber überzuführen. Legierungen, die weniger als $^3/_8$ Mol enthalten, werden vollständig zersetzt. Das Maß für Schmelzbarkeit ist durch den Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt gegeben. Je weiter diese beiden Punkte auseinander

liegen, deſto leichter entmiſcht ſich eine Legierung beim Guſſe und wird heterogen.

Die Kenntnis der Schmelzbarkeit iſt aber auch wichtig für die Beurteilung der Lötbarkeit der Legierung. Man ſoll vermeiden, eine Legierung mit einem Lot von geringerem Feingehalt zu löten; denn es entſteht zwiſchen ſich berührenden Legierungen verſchiedenen Feingehalts eine elektriſche Spannung, die zu einer Zerſetzung des Lotes und dadurch zum Bruch der Lotſtelle führen kann, beſonders wenn die Zuſammenſetzung des Lotes nahe der Reſiſtenzgrenze liegt. Bei meinen Potentialmeſſungen ſtellte ich zwiſchen 20kar. Gold und 18kar. Goldlot Spannungsunterſchiede von 0,0005 bis 0,043 Volt und zwiſchen 14kar. Gold und 18kar. Goldlot Unterſchiede von 0,001 bis 0,053 Volt feſt. Die Spannungsverminderung beträgt bei 20kar. Gold und 18kar. Goldlot 63%; bei 14kar. Gold und 18kar. Goldlot 67%. Schönbeck konnte auf einer ſchwarzgefärbten Brücke nachweiſen, daß erſtens verſchieden kar. Gold verwendet worden war und zweitens das Lot in breiter Fläche auf der Protheſe verteilt war. Die auftretenden galvaniſchen Ströme hatten die Protheſe mit Kupfer überzogen, das bald in ſchwarzes Sulfid übergegangen war.

Zu den Edelmetallen, die im Munde verwendet werden, gehört auch das Silber. Es wird ſehr ſelten gebraucht, manchmal in der Orthondie bei Herſtellung von Kieferbruchſchienen oder in der konſervierenden Zahnheilkunde als Inlay für Prämolaren und Molaren. Gegen 20kar. Gold beträgt der Spannungsunterſchied 0,001—0,023 Volt; gegen 14kar. Gold 0,0005—0,14 Volt und gegen 18kar. Goldlot 0,0005—0,123 Volt. Die Spannungsverminderung ergibt bei Anweſenheit von 20kar. Gold 80%, bei 14kar. Gold und bei 18kar. Goldlot 67%.

Bei Anweſenheit von Edelmetallen und unechtem Metall treten ebenfalls elektriſche Ströme auf, deren Spannungsunterſchiede bedeutend größer ſind als bei den Edelmetallen unter ſich. Während das unechte Metall wenig verfärbt wird, wird Gold ganz ſchwarz. Die im Munde konſtatierte Schwarzfärbung des Goldes läßt ſich auch außerhalb des Mundes, wie Leix durch ſeinen Verſuch feſtgeſtellt hat, nachweiſen. In ein Becherglas wird ein Stück Randolf und ein Stück Goldblech von gleicher Größe in verdünnte Salzſäure getaucht. Bei Verbindung mit einem Galvanometer erkennt man einen Zeiger-

ausſchlag; es entſteht ein elektriſcher Strom. Schließt man den + Pol einer Akkulumatorenbatterie an das Randolfblech an, ſo überzieht ſich dasſelbe mit einer leicht abwiſchbaren rußähnlichen Schicht; das Randolfblech hat nach Entfernung der rußähnlichen Schicht ein kupferiges Ausſehen; Gold ändert ſich weniger, anfänglich zeigt es gelbe Farbe, dann dunkler. Herſtellung der normalen Farbe erreicht man durch Ausglühen, Abſäuern in Salzſäure oder Polieren. Wenn man ſtatt Salzſäure Schwefelſäure nimmt, ſo verändert ſich Randolf weniger, etwas dunklere Farbe und rauhere Oberfläche. Man hat das Gefühl der Auflöſung des Metalls. Gold nimmt typiſche Schwarzfärbung an. Der ſchwarze Belag iſt feinkörnig und haftet feſt an; Entfernung nur durch Abſchmirgeln oder Abſäuern möglich Es iſt eine augenfällige Erſcheinung, daß ſtärkere Ströme von 2—9 Amp. die Bildung des Niederſchlages auf Gold ungünſtig beeinfluſſen; d. h., daß keine Schwarzfärbung zuſtande kommt; während bei ſchwachen Strömen von 0,2—0,3 Amp. Schwarzfärbung raſch eintritt. Da im Munde nur ſchwache Ströme entſtehen, ſo ſcheint die Bildung des Überzugs ſehr begünſtigt zu ſein. Schwarzfärbung tritt nur bei Anweſenheit von Schwefelwaſſerſtoff auf. Da Randolf aus 0,56% Blei, 39,43% Zinn, 0,007% Eiſen und Aluminium und 59,15% Kupfer beſteht, ſo iſt der Niederſchlag eine Schwefelkupferverbindung. Nach Leix kann man eine Verfärbung des Goldes nur dann vermeiden, wenn ein Metall gefunden wird, das die gleiche Polarität beſitzt wie Gold. Daß natürlich ſtarke Korroſion auftreten muß, beweiſen auch die von mir gefundenen Werte. Bei 20kar. Gold beträgt der Spannungsunterſchied 0,013—0,238 Volt; die Spannungsverminderung 35%. Bei 14kar. Gold von 0,021—0,3 Volt; die Spannungsverminderung 39%; bei 18kar. Goldlot von 0,013 bis 0,184 Volt, alſo 32 % und bei Silber 0,021—0,3 Volt, alſo 29 %. Man ſollte niemals Gold oder Silber zuſammen mit Randolf im Munde verwenden. Nämlich nicht nur das für die Prothese angewandte Randolfblech erzeugt elektriſche Ströme, ſondern auch das zum Löten benutzte Silberlot erzeugt in Anweſenheit von Gold Spannungsunterſchiede, die nach den von mir feſtgeſtellten Verſuchen folgende Werte ergeben haben: Für 20kar. Gold 0,0075—0,164 Volt, für 14kar. Gold 0,012—0,195 Volt, für 18kar. Goldlot 0,0001—0,112 Volt und für Silber 0,0001—0,07 Volt. Die Spannungsverminderung beträgt für 20kar. Gold 68%, für 14kar. Gold 51%, für 18kar. Goldlot 66% und für Silber 70%.

Von den unedlen Metallen hat für die zahnärztliche Technik der roſtfreie V2a Stahl von Krupp ein beſonderes Intereſſe, da aus ihm Gebißplatten und Inſtrumente hergeſtellt werden. Nach Sterner-Reiner entſpricht nur das Wipla-Metall der Anforderung, Unveränderlichkeit im Munde. Es iſt eine Chrom-Nickel-Eiſen-Kohlenſtoff-Legierung von 80 kg/mm² Feſtigkeit. Dieſer Stahl zeichnet ſich durch hohe chemiſche Widerſtandsfähigkeit und große Feſtigkeit aus; er iſt ſchweißbar und kann mit Weichlot gelötet werden. Die Spannungsunterſchiede gleichen nach Angabe der Firma denen von 20kar. Gold gegenüber 14kar. Gold. Durch einen Verſuch habe ich feſtgeſtellt, daß man das Wipla-Metall niemals erhitzen darf, da es dann zur unedleren Elektrode wird und die Spannungsunterſchiede bis zu ½ Volt und noch höher betragen können.

Daß man auch das Wipla-Metall nicht bedenkenlos mit Gold im Munde verwenden darf, beweiſt der Fall von Sikora. Der Patient trug im Oberkiefer eine 13gliedrige Brücke aus Gold, im Unterkiefer eine Stahlprothese, und zwar eine geſtützte mit Roach-Geſchiebe. Die beiden Elektroden hatten eine große Oberfläche. Der innere Widerstand war deshalb ſehr gering, weil ſich die Goldkronen und die Prothese berührten; deshalb mußte die Stromſtärke ſehr groß ſein. Schon nach eintägigem Tragen bemerkte er an den Berührungsſtellen zwiſchen Kronen und Stahlplatte roſtbraune Stellen. Dieſer Fall iſt aus zwei Gründen ſehr beachtenswert: Erſtens, daß die Stahlplatte beſchliffen war und trotzdem die Korroſionserſcheinungen nicht an dieſen Stellen, ſondern an den Berührungsflächen auftraten. Zweitens, daß die Reaktion des Speichels alkaliſch war. Wenn trotz des alkaliſchen Speichels, der gerade für Gold und Wipla ein ſehr ſchlechter Elektrolyt darſtellt, die Niederſchläge auftraten, kann man nur annehmen, daß das Sauerwerden des Speichels durch Einnahme ſaurer Speiſen und Getränke dieſe Erſcheinung hervorrief. Von einem dem Wipla verwandten Metall, dem Contracid, war von einem Laboratorium behauptet worden, daß man dieſes ohne Gefahr mit Gold zuſammen verwenden könnte, da die Potentialdifferenz ſehr gering ſei. Auch könnte man Goldklammern ohne Schaden an Stahlplatten anlöten. Sikora beweiſt, daß die Potentialdifferenz von Contracid gegen Gold kleiner iſt als die von Wipla gegen Gold. Bei Contracid iſt der größere Teil des Eiſens durch Nickel erſetzt. Die Potentialdifferenz iſt aber nicht klein genug, um ohne Bedenken dieſes Metall gleich-

zeitig mit Gold zu verwenden. In Säure treten bei Anwesenheit von Contracid und Gold schwärzliche Wolken auf, die sich in dem Eletrolyten verteilen und auf der andern Elektrode, dem Golde, niederschlagen.

Schönbeck macht darauf aufmerksam, daß beim Anfassen eines Werkstückes aus Gold mit einer Metallpinzette beim Eintauchen in eine Beizflüssigkeit (Schwefelsäure 1:10) elektrische Ströme entstehen, das unedle Metall löst sich auf und scheidet sich als dünner Belag auf dem Werkstück ab. Wird dieser beim Polieren nicht entfernt, so bildet sich ein Lokalelement im Munde, wodurch die Prothese sich verfärbt.

Ebenfalls Korrosionserscheinungen bemerkten Sikora und Schönbeck bei Zigarettenrauchern mit Goldmundstücken, wodurch bei Berührung mit der Goldprothese elektrolytische Vorgänge hervorgerufen werden können. Ein Patient, der mehrere Goldbrücken erhielt, verspürte einen sauren Geschmack, obwohl die Amalgamfüllungen herausgenommen waren. Die Verfärbung des Goldes rührte von den Goldmundstücken der Zigarette her.

Daß bei Anbringung von Amalgamfüllungen in nächster Nachbarschaft von Goldkronen die größte Vorsicht am Platze ist, kommt daher, daß bei Kontakt der beiden Metalle elektrolytische Vorgänge auftreten können, die die betreffende Goldarbeit verfärben oder zerstören können, und zwar durch die Einwirkung des Quecksilbers. Das Amalgam wird sich als die unedlere Elektrode — sie hat das Zinnpotential — auflösen und ihre Korrosionsprodukte werden sich zum Teil auf dem Gold niederschlagen. In der Hauptsache wird Zinn in Lösung gehen. Wenn somit eine unmittelbare Gefahr einer Quecksilbervergiftung nicht gegeben ist, so muß doch daran gedacht werden, daß das Amalgam sich durch Herauslösen des Zinns an der Oberfläche verändert; d. h. silber- und quecksilberreicher wird. Der Widerstand der mechanischen Einwirkungen gegenüber sinkt aber damit, und es besteht die Möglichkeit, daß quecksilberhaltige Teile losgeschabt und dem Organismus zugeführt werden. Dr. Kretschmar beschreibt einen Fall, wo Amalgamierung einer Goldbrücke durch Benutzung von Solvolithzahnpaste eintrat. Er hatte dem Patienten eine Goldbrücke im Unterkiefer vom 2. Molaren bis zum 2. Prämolaren eingesetzt. Nach einem Jahr erschien der Patient mit der Mitteilung, daß die Prämolarenkrone sich weiß färbe. Das mesiale Drittel der Krone war durch Quecksilbereinwirkung platin-

farben angelaufen. Der benachbarte erſte Prämolar hatte ſeit Jahren diſtal eine Amalgamfüllung, die jetzt einen auffallend hellen Silberglanz aufweiſt, ebenſo wie die zentrale Amalgamfüllung des Weisheitszahnes diſtal von der Brücke. Die Amalgamierung war über die ganze meſiale Hälfte der Goldkronen ausgedehnt. Seit zwei Monaten bemerkte der Patient einen leichten Metallgeſchmack, und zwar vor allem beim Zähneputzen; vor allem beim Benutzen von Solvolithpaſte. Dadurch entſtanden alſo elektriſche Ströme, die eine Verfärbung der Kronen hervorriefen.

Daß durch elektriſche Ströme Neuralgien verurſacht werden können, zeigt Sikora, indem er bei einer Patientin neben einer Goldbrücke mehrere Amalgamfüllungen ſah. Die Patientin klagte monatelang über anhaltende Kopfſchmerzen, die ſofort aufhörten, nachdem er die Amalgamfüllungen durch Gold bzw. Zement erſetzt hatte.

Arndt und Plötz hielten Silberamalgamelektroden mit Golddrähten in Kochſalz-Milchſäurelöſung für drei Wochen kurz geſchloſſen. Nach dieſer Zeit hatte die Silberamalgamelektrode 15 mg. verloren. Der Elektrolyt enthielt 15 mg. Zinn, Spuren von Zink, aber kein Silber und Queckſilber. Die Silberamalgamelektrode war mit einem ſchwarzen Belag überzogen, der abreibbar war und aus Silber, Queckſilber und wenig Zinn beſtand. Man darf alſo danach annehmen, daß unmittelbar kein Queckſilber in Löſung geht, ſondern ausſchließlich Zinn; Silber und Queckſilber aber auf dem Amalgam oberflächlich niedergeſchlagen ſind, ſo daß ſie mechaniſch leicht entfernbar ſind.

Silberamalgam mit Feingold kurz geſchloſſen.
(1% Milchſäure-Kochſalzlöſung).

Amalgam
Amalgamplatte 22:10 mm, 2,0579 gr.

S. S. Wieland
Eingetauchte Fläche 2,4 qcm.

M. V. 1:0,9
Nach 12 Tagen dunkel; Gewichtsverluſt 110,4 mg.
Nach weiteren 12 Tagen Gewichtsverluſt 13,6 mg.
Gewichtsverluſt nach 24 Tagen in % des Zinngehaltes des eingetauchten Teiles 55,11%.
Gewichtsverluſt der Amalgamkathode nach je 10 Tagen
7,4 mg — 58,61% des Geſamtzinngehaltes.
7,1 mg — 61,78% „ „

6,2 mg — 64,55% „ „
1,7 mg — 65,31% „ „

Feingoldanode:

unverändert, keine Gewichtszunahme.

Löſung:

klar, gelblich.

Nach 12 Tagen 100 mg Zinn, davon 40 mg vierkantiges Zinn.

Nach weiteren 12 Tagen ca. 20 mg Zinn (kein zweiwertiges Zinn). Mit Diphenylkarbicid kein Queckſilber.

Amalgamkathode und Feingoldanode berrühren ſich flächenförmig.

Amalgam

Amalgamplatte 22:10 mm groß, 1,8775 gr.

S. S. Wieland

Eingetauchte Fläche 2,6 qcm.

M. V. 1:0,9

Nach 12 Tagen dunkelgefärbt.

Gewichtsverluſt: 98,0 mg.

Nach weiteren 12 Tagen 20,7 mg.

Gewichtsverluſt nach 24 Tagen in % des Zinngehaltes der eingetauchten Fläche 53,49%.

Gewichtsverluſt der Amalgamkathode nach je 10 Tagen.

11,8 mg — 58,81% des Geſamtzinngehaltes.
5,4 mg — 61,24% „ „
14,6 mg — 67,82% „ „
7,0 mg — 70,97% „ „

Feingoldanode:

Nach 12 Tagen die dem Amalgam zugekehrte Seite iſt amalgamiert.

Gewichtszunahme: 0,5 mg; nach weiteren 12 Tagen 0,6 mg.

Löſung:

klar, ſchwach gelblich, 80—100 mg Zinn, davon ca. 50 mg vierwertiges Zinn; nach weiteren 12 Tagen 15 mg Zinn.

Die Goldelektrode wurde deshalb ſo wenig verändert, weil die vorhandene Strommenge nicht genügt, um merkbare Mengen von Metallionen zu transportieren. In dem Fall, wo Amalgam und Feingold ſich berührten und das Gold amalgamiert wurde, iſt eine direkte Übertragung des Queckſilbers auf

das Gold vorhanden. Durch die Korroſion und des hiermit verbundenen Inlöſunggehen des Zinns iſt eine vorübergehende Anreicherung der Oberfläche mit Queckſilber anzunehmen; dabei kann nun das Feingold das Queckſilber für ſich in Anſpruch nehmen.

Die unmittelbare Nachbarſchaft von Gold kann die Korroſion der Silber-Zinnamalgame beſchleunigen. Iſt kein direkter Kontakt von Gold und Amalgam vorhanden, wird keine Amalgamierung des Goldes eintreten. Durch die primäre Steigerung der Korroſion kann vielleicht in dieſem Falle, wo durch die Anweſenheit von Gold und Amalgam die Korroſion beſchleunigt wird, eine vorübergehende Anreicherung von Queckſilber auf der Oberfläche des Amalgams ſtattfinden, die aber ebenfalls durch Diffuſion ausgeglichen werden kann. Jedenfalls iſt beim Anbringen von friſchem Amalgam in der unmittelbaren Nachbarſchaft von Gold Vorſicht geboten.

Treibich nahm Potentialdifferenzmeſſungen vor zwiſchen verſchiedenen ſilberhaltigen Amalgamen einerſeits und Gold andererſeits. Er konnte hierbei ganz erhebliche Schwankungen feſtſtellen. So wechſeln die Zahlenwerte in Millivolt bei Amalgam von 50% Silber contra Feingold in Waſſer vom erſten bis zum 24. Tag zwiſchen 400—1500, bei Amalgam mit 60% Silber zwiſchen 470—1600. Man ſieht hieraus, daß die Potentialdifferenzen nach dieſen Meſſungen nicht gleichmäßig ſondern ſchwankend ſind.

Bei meinen Meſſungen verwendete ich ein Amalgam mit 60% Silber. Die Amalgamſcheibe wurde an einen amalgamierten Kupferſtab befeſtigt. Bei den von mir feſtgeſtellten Meſſungen erhielt ich Spannungsunterſchiede bei 20kar. Gold von 0,078 bis 0,466 Volt, bei 14kar. Gold von 0,086 bis 0,525 Volt, bei 18kar. Goldlot von 0,004—0,45 und bei Silber von 0,058 bis 0,485. Der Spannungsabfall beträgt bei 20kar. Gold im Mittel 27%; bei 14kar. Gold im Mittel 30%; bei 18-kar. Goldlot 26% und bei Silber 23%. Man ſieht hieraus, daß der Spannungsabfall ſehr gering iſt, ſo daß man ſtets vorſichtig ſein muß, ſobald man friſches Amalgam in Nachbarſchaft von Gold bringt.

Die in der Zahlheilkunde verwendeten Amalgame werden durch Verreiben von Queckſilber mit Spänen hergeſtellt, die in der Hauptſache nach aus Zinn-Silberlegierung beſtehen. Sie ſind heterogener Natur. Ein Zinn-Silberamalgam beſteht nach den heutigen Anſchauungen aus $Ag_3 Hg_4$ mit wenig Sn, $Ag_4 Sn$

und den Miſchkriſtallen Sn-Hg. Die wichtigſte Frage, ob und welche Amalgame von den Silber-Zinnlegierungen im Munde korroſionsfeſt ſind, läßt ſich nicht ohne weiteres durch Verſuche klären, da die Verhältniſſe ſehr kompliziert ſind. Nicht nur, daß der Speichel verſchiedener Menſchen eine ſchwankende Zuſammenſetzung hat, daß der Einfluß von Speiſereſten in den Verſuch einbezogen werden muß, es mußte auch berückſichtigt werden, daß heutzutage die überwiegende Mehrzahl der Träger von Amalgamfüllungen auch Edelmetallegierungen der verſchiedenſten Zuſammenſetzungen an den Zähnen haben, die unter ſich und mit den Füllungen galvaniſche Elemente bilden können und je nach der Größe ihres Unterſchiedes mehr oder minder korrodierend wirken.

Witzel konnte bei ſeinen Korroſionsunterſuchungen beobachten, daß bei den Zinn-Silberamalgamen, auch mit Gold- und Platin-Zuſätzen, im Elektrolyten (1% Milchſäure) trotz erheblicher Verluſte der Amalgamproben immer nur Zinn gefunden wird, daß alſo kein Silber oder Queckſilber nachweisbar iſt. Dieſes iſt auch vollkommen begreiflich, denn es wird zunächſt nur der unedelſte Beſtandteil, der elektronegative, daß Zinn in Löſung gehen.

Durch Schwankungen bei Potentialmeſſungen oder Volumen-Prüfungen darf man ſich nicht dazu verleiten laſſen, neue Verbindungen anzunehmen. Sehr oft handelt es ſich dabei um ſtärkere Umkriſtalliſationsvorgänge (Diffuſion), die gerade im Amalgam lange Zeit auftreten können oder auch bei Potentialmeſſungen um Polariſationsvorgänge, die eine plötzliche Änderung des Potential vortäuſchen können. In dieſem heterogenen Gemenge der drei Kriſtalliſationsarten iſt ziemlich ſicher der Miſchkriſtall Sng-Hg bezüglich der Korroſion der labilſte. Es iſt alſo unmöglich, homogene Edelamalgame herzuſtellen. Bei Steigen des Zinngehaltes nimmt der Gehalt eines Amalgams an Ag_3Hg_4 + Sn ab; und der Gehalt an dem Sn-Hg Miſchkriſtall zu. Dieſe Überlegung wird durch die mikroſkopiſche Unterſuchung von verſchiedenen Amalgamen mit wechſelndem Silbergehalt beſtätigt. Korroſionsunterſuchungen mit mikroſkopiſcher Kontrolle haben nun gezeigt, daß dieſer Sn-Hg Miſchkriſtall mit ſehr großer Wahrſcheinlichkeit nicht korroſionsfeſt iſt. Schon bei relativ kurz dauernden Korroſionseinflüſſen in verſchiedenen Elektrolyten konnten im mikroſkopiſchen Bild an Stelle der Miſchkriſtalle Vertiefungen geſehen werden. Ebenſo läßt ſich im Elektrolyten

Zinn nachweiſen. Wannenmacher zieht daraus den Schluß, daß bei hoch zinnhaltigen Amalgamen der Zinn-Queckſilbermiſchkriſtall in reichlichem Maße vorhanden iſt und daß auch bei dieſen eine entſprechende ſtarke Korroſion eintritt, die ſogar eine Tiefenkorroſion werden kann, ſo daß alſo im Laufe der Zeit das Amalgam mit einem Schwamm verglichen werden kann, alſo porös wird. Durch dieſe Korroſion, die ſicherlich noch durch die Nachbarſchaft anderer Metalle mit anderen Potentialen geſteigert werden kann, wird zu mindeſtens das Füllungsmaterial in ſeinem Wert reduziert, wenn nicht wertlos gemacht.

Welche hohen Spannungen bei Anweſenheit unedler Metalle in der Nähe von Amalgam entſtehen können, zeigen die von mir vorgenommenen Potentialdifferenzmeſſungen. Die Zahlenwerte liegen bei Silberlot zwiſchen 0,08 und 0,46 Volt und bei Randolf zwiſchen 0,041 und 0,36 Volt. Der Spannungsabfall iſt verhältnismäßig ſehr gering. Bei Silberlot beträgt er 21% und bei Randolf 28%.

Bei überdoſierten Zinn-Silberamalgamen geht beſonders in ſaurer Löſung das Zinn in Löſung. Am Amalgam tritt das überſchüſſige Queckſilber in Tropfenform in ſehr beachtenswerten Mengen aus und kann verdampfen, wenn das Verdampfen nicht durch eine Flüſſigkeitsſchicht verhindert wird. Auf alle Fälle wird im Munde das freiwerdende Queckſilber von dem Speichel, den Speiſen uſw. weggeſpült und einverleibt. Daß durch Amalgamfüllungen je nach ihrem Miſchungsverhältnis ſchwache oder ſtarke galvaniſche Ströme im Munde erzeugt werden, beweiſen die Krankengeſchichten von Pablo Carter und W. H. Gilmour.

Carter füllte einer 36jährigen Patientin eine Cavität des zweiten unteren Molaren mit Truedentalloy; der danebenſtehende erſte Molar zeigte an ſeiner dem Prämolar zugewandten Fläche eine ältere Amalgamfüllung. Nachdem die Füllung des Prämolaren unter Matritzenverwendung gelegt worden war, verſuchte Carter mit einem Inſtrument die Fläche zu glätten und berührte gleichzeitig die beiden Amalgamfüllungen. Die Patientin äußerte in dieſem Augenblick einen heftigen Schmerz, ähnlich dem eines elektriſchen Schlages. Es iſt alſo hier infolge Zuſammentreffens von zwei aus verſchiedenen Fabriken ſtammenden Amalgamen zur Bildung eines elektriſchen Stromes gekommen, deſſen Vorhandenſein erſt nach eini-

gen Wochen verſchwand, wahrſcheinlich dadurch, daß erſt nach dieſer Zeit die Moleküle der zuletzt gelegten Füllung zur Ruhe gekommen waren.

W. H. Gilmour legte bei einem Patienten im linken unteren erſten und im linken unteren zweiten Molaren eine Amalgamfüllung. Es traten ſtarke Schmerzen, verbunden mit Muskelkontraktion, auf, ſobald die Amalgam-Füllungen mit Hilfe eines Metallgegenſtandes in Verbindung gebracht wurden.

Wie die eingehenden Unterſuchungen von Feiſtkorn, Wannenmacher u. a. erwieſen haben, ſind ſämtliche Kupfer-Zinklegierungen wie Wiegold, Chryſit, Randolf, Viktoriametall, Kosmos und Neuſilber wegen der ſtarken Korroſion, die ſie im Munde erleiden und der damit zuſammenhängenden Vergiftungsgefahr zu verwerfen. Neben den Kupfer-Zinklegierungen oder Meſſing haben wir noch die Kupfer-Zinnlegierungen oder Bronzen. Der Unterſchied dieſer beiden Legierungen beſteht darin, daß das Zink zu den ſtark elektropoſitiven Metallen gehört, während das Zinn eine weſentliche edlere Legierungskomponente iſt. Da bei der Kupfer-Zink-Legierung die elektropoſitive Komponente überwiegt, ſo kann man daraus ſchließen, daß dadurch die Korroſionsgefahr weſentlich geſteigert wird, da das Potential der unedleren Komponente maßgebend iſt. Dies finden wir auch in der Praxis beſtätigt; denn im allgemeinen werden die Kupfer-Zinklegierungen leichter angegriffen als die Bronzen.

Sackur ſtellte bei Kupfer-Zinklegierungen feſt, daß diejenigen Meſſingſorten, die weniger als 45% Cu enthalten, in $^1/_{20}$ Normallöſungen von Schwefelſäure, Milchſäure, Salzſäure, Ammoniak nur Zink in Löſung ſchicken. Legierungen, die über 60% Cu enthalten, werden ſich wohl in Form ihrer Miſchkriſtalle löſen. Kupfer und Zink gehen in der gleichen Zuſammenſetzung, in der der Miſchkriſtall vorhanden iſt, in Löſung. Durch den hohen osmotiſchen Druck der Kupferionen wird ſich das Kupfer aus der Löſung wieder ausſcheiden, ſo daß das Verhältnis von Kupfer und Zink im Elektrolyt nicht mehr dem Miſchkriſtall entſpricht, ſondern an Zink eine Steigerung erfahren hat. Das Kupfer hat ſich alſo auf dem Metallblech als braunroter Niederſchlag abgeſchieden, der zum Teil von rein metalliſcher Struktur, zum Teil aber auch als brauner pulverförmiger Überzug, aus Kupfer-Sauerſtoffverbindungen beſtehend zu erkennen war. Das ſich auf dem Metall niedergeſchlagene Kupfer kann ſeinerſeits wieder elek-

trolytiſche Vorgänge veranlaſſen, da ſich ein galvaniſches Element zwiſchen dem Kupferniederſchlag und Metallblech bildet.

Triebe hat Verſuche an Patienten vorgenommen und ſtellte feſt, daß ſich Kosmosmetall ſchon nach wenigen Tagen im Munde verfärbte. Bei einer Kosmoskrone iſt es nicht gleichgültig, ob ſie gelötet oder gezogen iſt. Da das Kosmoslot ein Silberlot iſt, ſo kommt es natürlich an der Lötſtelle zu galvaniſchen Strömen, die dem primären Auflöſungsvorgang unterſtützen und zur Verfärbung der Krone an der Lötſtelle durch Ablagerung von Kupfer Veranlaſſung geben. Durch Schwefelwaſſerſtoff verwandelt ſich Kupfer in Kupferſulfid, das die Urſache der ſchwarzen Verfärbung der unedleren Legierungen im Munde bildet.

Weikart führte mit Randolfmetall Verſuche im Munde von Patienten aus und ſtellte feſt, daß eine gelötete Krone bereits nach 8 Tagen Schwarzfärbung zeigte. Die Schwarzfärbung war nicht konſtant, ſondern verſchwand nach einiger Zeit und nur die Lötſtelle zeigte einen Überzug von Schwefelkupfer. Die Krone ſah ſchön glänzend aus. Nachdem ſie 176 Tage im Munde geweſen war, wurde ſie zwecks Feſtſtellung ihres Gewichtes abgenommen. Es ergab ſich ein Verluſt von 7%. Bei einer gezogenen Krone konnte man nur einen Verluſt von 1,2% feſtſtellen.

Zu den Kupfer-Zink-Nickel Legierungen gehören die in der Zahnheilkunde verwendeten Legierungen Neuſilber und Viktoriametall. Sie ſollten lieber nicht für Dauerprothesen verwendet werden, da ſie ſehr ſtark korrodieren. Nach Verſuchen von Weyland hat das Viktoriametall bei elekrolytiſchen Einflüſſen ſehr ungünſtige Reſultate ergeben. Trotzdem Adam durch Homogenieſieren eine einheitliche Legierung erhielt, machten ſich in den verſchiedenen Elektrolyten wie z. B.

1 % Milchſäurelöſung + 0,01 Kochſalz
oder 1 % Milchſäurelöſung + 0,025 Kochſalz

hohe Verluſtzahlen geltend, die weſentlich höher waren als die von Randolf und Kosmos.

Aluminium iſt ein guter Leiter für Elektrizität und Wärme und iſt elektrolytiſch als Unedelmetall aufzufaſſen, da es ſich ſeinen Löſungen negativ ladet, alſo ein poſitives Potential beſitzt. In der zahnärztlichen Technik findet es als Plattenprotheſenmaterial Verwendung. Pfaff konnte feſtſtellen, daß gewöhnliches Waſſer vom Härtegrade 4, ſelbſt wenn es Kohlenſäure enthielt, nur geringe Löslichkeit verur-

ſachte; waren dagegen Salze, wie Chloride und Sulfate in dem Leitungswaſſer enthalten, ſo trat eine merkliche höhere Löslichkeit auf. Pfaff weiſt darauf hin, daß nur reines Aluminium verwendet werden ſollte, da das mit Silizium und Eiſen verunreinigte Metall im Munde durch Einfluß des Speichels zerſetzt wird. Für die Angreifbarkeit des Aluminiums iſt ſeine Bearbeitung von größter Wichtigkeit. So wird kaltgewalztes Aluminium vom Leitungswaſſer ſehr leicht angegriffen, während weiches gegoſſenes Aluminium widerſtandsfähiger gegen Korroſion iſt. Beim Löten iſt daran zu denken, daß die verwandten Lote mit Aluminium unter Hinzutritt eines Elektrolyten elektriſche Lokalelemente auslöſen können, die natürlich bei ihrer Betätigung eine erhebliche Korroſion verurſachen werden. Selbſt das von O. Bauer angegebene Lot, beſtehend aus:

55—75 Teile Zinn,
45 „ Zink,
1,65 „ Silber,
1,35 „ Meſſing,
1,5 „ Stearin

genügt nicht den Anſprüchen, da es gegen Aluminium elektronegativ, alſo edler iſt. Bei Hinzutritt eines Elektrolyten wird es ſtark angegriffen.

Das „Schröderſche Gußaluminium“ iſt eine 2% Kupfer enthaltene Aluminium-Kupfer-Legierung. Durch den Kupferzuſatz ſoll eine größere mechaniſche Feſtigkeit und eine beſſere Gußfähigkeit erzielt werden. Weyland prüfte im Elektrolyten 1% Milchſäure + 0,2% Kochſalz die Korroſionsfähigkeit und ſtellte nach 14tägiger Einwirkungsdauer bei 37° am Aluminiumblech einen ſchwach rötlichen Niederſchlag feſt. Die Löſung zeigte ſich bis auf eine ſchwache Gelbfärbung unverändert. In Verbindung mit einem Klammermetall entſtand ein galvaniſches Element, daß die Angreifbarkeit ſtark erhöhte unter Bildung eines braunroten Niederſchlages von Kupfer- und Kupferoxydulverbindungen.

Die Kupfer-Aluminium-Legierung enthält 10% Aluminium. Die von Schönbeck angeſtellten Verſuche in bezug auf ihre Korroſionsfeſtigkeit ergaben Unbrauchbarkeit für zahnärztliche Zwecke, die ein dauerndes Verweilen im Munde vorausſetzen. Bei vorübergehenden Arbeiten wie Schienen, Ligaturen uſw. bedarf es einer ſtändigen Kontrolle, da manche Patienten Kupfer-Legierungen nicht vertragen können.

Von einem Lot iſt zu fordern, daß die Zuſammenſetzung desſelben nach Möglichkeit derjenigen der zu lötenden Stelle entſpricht. Würde dies nicht zutreffen, ſo würden durch die vorhandene Verſchiedenheit der Metalle Potentialdifferenzen unter Gegenwart eines Elektrolyts entſtehen, die zu Korroſionserſcheinungen Veranlaſſung geben.

Rückblickend kann man nicht genug davor warnen, verſchiedene Metalle im Munde zu verwenden. Denn gerade durch die Anweſenheit verſchiedener Metalle im Munde wird häufig die mit viel Mühe und Sorgfalt hergeſtellte Arbeit zerſtört. Schon bei den Edelmetallen unter ſich können Verfärbungen mit Korroſionserſcheinungen auftreten. Auch das zu Plattenprotheſen verwendete Wiplametall ſollte man nicht mit anderen Metallen z. B. Gold verwenden, da die Patienten dann über ſauren Geſchmack und Verfärbungen klagen. Daß nach Möglichkeit die unedlen Metalle im Munde überhaupt keine Verwendung finden ſollten, beweiſen die in der Tabelle angegebenen Meſſungen.

Zum Schluß meiner Arbeit möchte ich nicht verfehlen, Herrn Profeſſor Dr. Hentze für das zur Verfügung geſtellte Thema ſowie für die liebenswürdige Einarbeitung und ſteten Rat zu danken.

Literaturverzeichnis!

1. Prof. Dr. Schönbeck: Materialkunde der zahnärztlichen Technik für Zahnärzte und Studierende der Zahnheilkunde.
2. Prof. Höber: Lehrbuch der Phyſiologie des Menſchen.
3. Dr. A. Sikora: Elektriſche Erſcheinungen im Munde. (Deutſche zahn. Wochenſchrift Nr. 19).
4. W. H. Gilmour: Some points of diagnosis.
5. Prof. Türkheim: Die Waſſerſtoffionenkonzentration des Speichels.
6. Leix (München): Verfärbung des Goldes in Verbindung mit unechtem Metall (D. M. f. Z. 1920).
7. Diplom-Ing. Sterner-Reiner: Edelmetallegierungen im Dienſte der Zahnheilkunde. Amalgame im Dienſte der Zahnheilkunde.
8. Dr. Ad. Fenchel: Metallkunde.
9. Prof. Dr. Wannenmacher: Ein Beitrag zur Amalgamfrage. (D. Z. W. Nr. 4 1928).
   Unterſuchungen über Zinn-Silberamalgame (D. Z. W. Nr. 1929).
10. Dr. Martha Oeſer (Köln): Die Therapie der Mundkrankheiten unter beſonderer Berückſichtigung der Reaktionsänderung der Mundflüſſigkeit durch perorale Medikation (D. Z. W. Nr. 6 1929).
11. Dr. H. Becks (Freiberg): Über die Waſſerſtoff-Ionen-Konzentration des menſchlichen Speichels, unter beſonderer Berückſichtigung der jeweiligen CO_2 Verhältniſſe innerhalb der Mundhöhle. (D. Z. W. Nr. 8 1928).
12. Hollmann: Lehrbuch der anorganiſchen Chemie. 18. Auflage.
13. Rüdorff-Lüpke: Grundriß der Chemie.
14. Kleiber-Nath: Lehrbuch der Phyſik.

Die Ergebnisse der Spannungsmessungen

a) stark saurer Speichel
b) stark basischer Speichel
c) schwach saurer Speichel

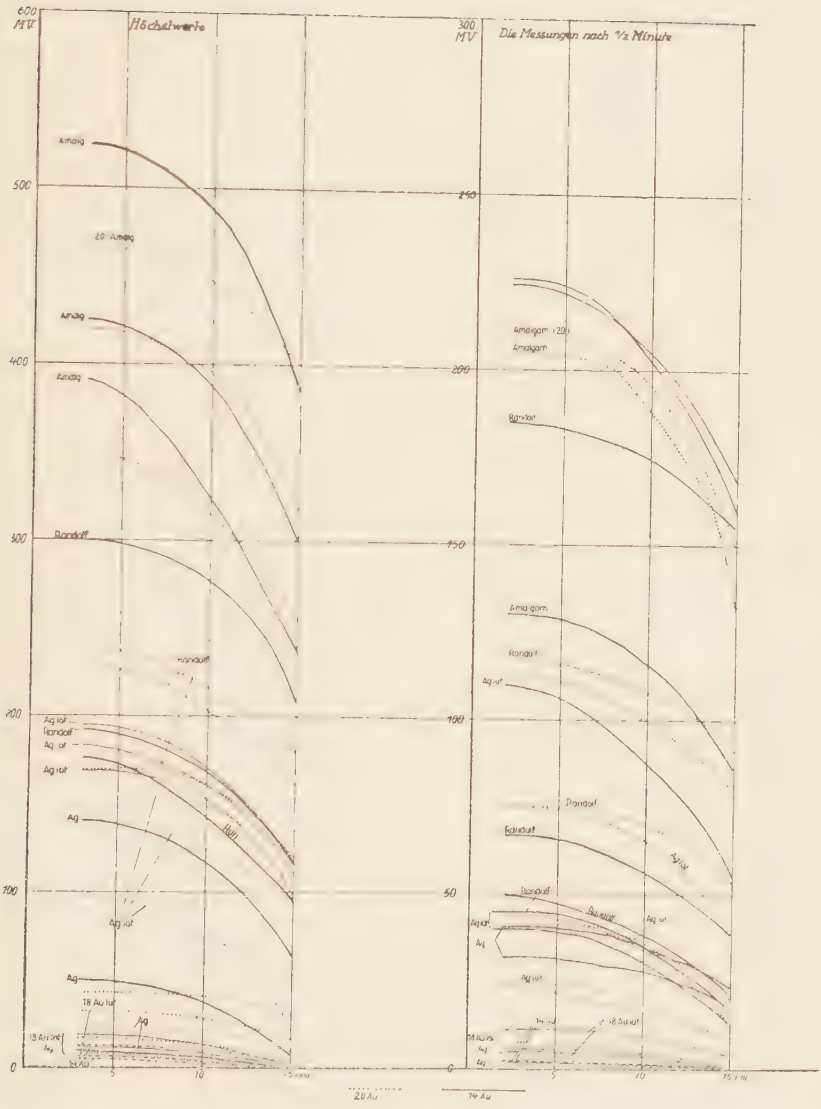
Die zweite Zeile zeigt jeweils die Messungen nach ½ Minute

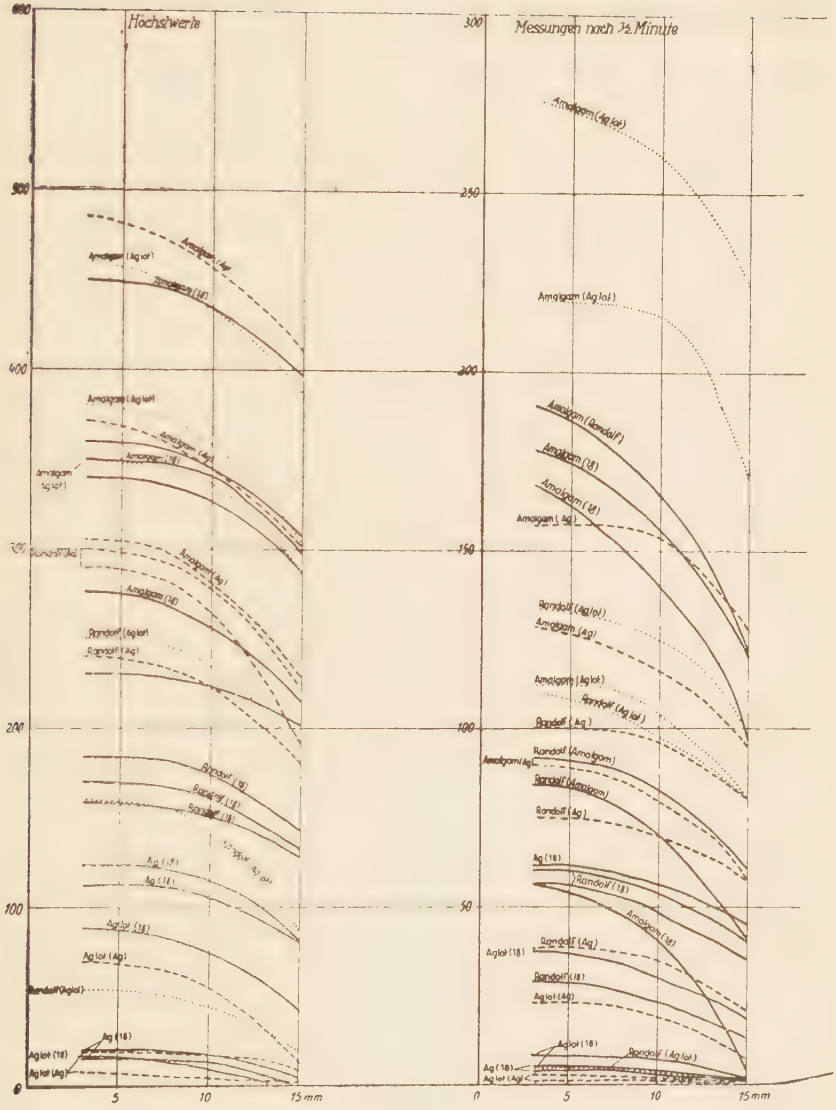
20 Au.		15 mm	10 mm	3 mm	Rückgang v. H.
14 Au.	a)	0,003	0,010	0,013	23 %
		0,0009	0,0015	0,0025	36 %
	b)	0,001	0,004	0,007	14 %
		0,0006	0,0013	0,002	30 %
	c)	0,0005	0,002	0,005	10 %
		0,0001	0,001	0,0013	8 %
Ag.	a)	0,01	0,019	0,022	46 %
		0,001	0,0025	0,004	25 %
	b)	0,002	0,008	0,015	20 %
		0,0002	0,0015	0,002	10 %
	c)	0,001	0,004	0,008	12 %
		0,0001	0,0005	0,0015	7 %
18 Aulot	a)	0,03	0,04	0,043	70 %
		0,0075	0,016	0,024	31 %
	b)	0,017	0,028	0,032	53 %
		0,0025	0,0065	0,008	31 %
	c)	0,004	0,013	0,017	24 %
		0,0005	0,0025	0,004	12 %
Aglot	a)	0,12	0,149	0,164	73 %
		0,038	0,065	0,076	50 %
	b)	0,097	0,125	0,146	66 %
		0,02	0,036	0,042	48 %
	c)	0,021	0,077	0,098	26 %
		0,0075	0,019	0,025	30 %
Randolf	a)	0,177	0,215	0,238	75 %
		0,092	0,108	0,117	78 %
	b)	0,160	0,202	0,230	69 %
		0,053	0,07	0,075	71 %
	c)	0,120	0,16	0,17	70 %
		0,013	0,035	0,044	29 %
Amalg.	a)	0,4	0,447	0,466	86 %
		0,150	0,195	0,21	71 %

20 Au.		15 mm	10 mm	3 mm	Rückgang v. H.
Amalg.	b)	0,315	0,395	0,42	75 %
		0,13	0,188	0,205	63 %
	c)	0,255	0,315	0,35	73 %
		0,078	0,099	0,111	70 %
14 Aulot					
Ag.	a)	0,063	0,117	0,14	45 %
		0,024	0,036	0,041	58 %
	b)	0,02	0,037	0,05	25 %
		0,0175	0,028	0,0325	53 %
	c)	0,001	0,006	0,01	10 %
		0,0005	0,004	0,005	10 %
18 Aulot	a)	0,03	0,045	0,053	57 %
		0,016	0,024	0,03	36 %
	b)	0,005	0,014	0,019	26 %
		0,004	0,009	0,011	36 %
	c)	0,003	0,008	0,012	25 %
		0,001	0,0035	0,006	17 %
Aglot	a)	0,117	0,171	0,195	60 %
		0,055	0,088	0,11	50 %
	b)	0,11	0,161	0,183	60 %
		0,016	0,04	0,045	35 %
	c)	0,098	0,152	0,17	58 %
		0,012	0,03	0,04	30 %
Randolf	a)	0,208	0,277	0,3	69 %
		0,155	0,175	0,185	83 %
	b)	0,116	0,168	0,192	60 %
		0,038	0,056	0,067	57 %
	c)	0,095	0,142	0,176	54 %
		0,021	0,038	0,05	42 %
Amalg.	a)	0,385	0,487	0,525	73 %
		0,16	0,205	0,226	71 %
	b)	0,3	0,388	0,425	71 %
		0,158	0,203	0,224	75 %
	c)	0,236	0,323	0,39	61 %
		0,086	0,116	0,13	66 %

Ag.		15 mm	10 mm	3 mm	Rückgang v. H.
18 Aulot	a)	0,081	0,114	0,123	65 %
		0,045	0,056	0,061	74 %
	b)	0,004	0,017	0,02	20 %
		0,001	0,003	0,005	20 %
	c)	0,01	0,013	0,016	6 %
		0,0005	0,002	0,004	11 %
Aglot	a)	0,013	0,054	0,07	19 %
		0,007	0,019	0,023	30 %
	b)	0,008	0,016	0,019	42 %
		0,0005	0,002	0,003	16 %
	c)	0,002	0,004	0,008	25 %
		0,0001	0,001	0,0015	10 %
Randolf	a)	0,222	0,277	0,3	74 %
		0,08	0,096	0,1	80 %
	b)	0,19	0,264	0,29	65 %
		0,057	0,069	0,075	76 %
	c)	0,18	0,211	0,24	75 %
		0,021	0,035	0,038	55 %
Amalgam	a)	0,41	0,455	0,485	85 %
		0,128	0,153	0,157	81 %
	b)	0,302	0,345	0,371	81 %
		0,095	0,112	0,128	74 %
	c)	0,228	0,28	0,305	74 %
		0,058	0,078	0,09	64 %
18 Aulot					
Aglot	a)	0,082	0,105	0,112	66 %
		0,018	0,03	0,037	48 %
	b)	0,041	0,074	0,088	46 %
		0,0005	0,0007	0,004	12 %
	c)	0,001	0,012	0,016	6 %
		0,0001	0,0002	0,0035	3 %
Randolf	a)	0,142	0,174	0,184	77 %
		0,04	0,053	0,06	66 %
	b)	0,132	0,16	0,17	78 %
		0,035	0,0485	0,056	62 %
	c)	0,128	0,15	0,158	81 %
		0,013	0,023	0,029	45 %

18 Aulot		15 mm	10 mm	3 mm	Rückgang v. H.
Amalgam	a)	0,395	0,434	0,45	87 %
		0,12	0,156	0,178	67 %
	b)	0,298	0,34	0,35	85 %
		0,097	0,14	0,168	58 %
	c)	0,214	0,255	0,276	77 %
		0,004	0,04	0,056	70 %
Aglot					
Randolf	a)	0,188	0,233	0,25	76 %
		0,095	0,125	0,133	71 %
	b)	0,085	0,14	0,16	54 %
		0,08	0,096	0,11	73 %
	c)	0,018	0,044	0,053	34 %
		0,001	0,003	0,005	20 %
Amalgam	a)	0,386	0,433	0,46	84 %
		0,224	0,26	0,276	81 %
	b)	0,304	0,357	0,38	80 %
		0,17	0,216	0,22	77 %
	c)	0,285	0,335	0,35	82 %
		0,08	0,104	0,112	71 %
Randolf					
Amalgam	a)	0,307	0,354	0,36	85 %
		0,12	0,165	0,19	63 %
	b)	0,285	0,326	0,34	84 %
		0,06	0,083	0,092	65 %
	c)	0,201	0,222	0,23	87 %
		0,041	0,07	0,084	48 %


600 MV
Höchstwerte
300 MV
Die Messungen nach ½ Minute
500
400
300
200
100
0
250
200
150
100
50
0
Amalg
20 Amalg
Randolf
Ag lot
Ag
18 Au lot
Amalgam (20)
Amalgam
Randolf
Ag lot
Ag
18 Au lot
5
10
20 Au
14 Au


Höchstwerte
Messungen nach ½ Minute
0
5
10
15 mm

Mein Lebenslauf!

Am 26. Mai 1906 wurde ich, Oskar Friedrich-Karl Zimmermann, als Sohn des Magazindirektors Oskar Zimmermann in Kiel geboren. Von Oſtern 1913 bis Oſtern 1926 beſuchte ich die Ober-Realſchule II zu Kiel, wo ich Oſtern 1926 die Reife-Prüfung beſtand. Nach einem Studium von 3 Semeſtern an den Univerſitäten zu Tübingen und Leipzig beſtand ich im November 1927 die zahnärztliche Vorprüfung in Leipzig. Meine kliniſchen Semeſter verbrachte ich an den Univerſitäten zu Breslau und Leipzig, wo ich im Mai 1930 mein zahnärztliches Staatsexamen ablegte.